International Science Journal of Engineering & Agriculture
2022; 1(3): 190-207
https://isg-journal.com/international-science-journal-of-engineering-agriculture/
doi: 10.46299/j.isjea.20220103.16
ISSN: 2720-6319

ДИСКРИМІНАНТНИЙ АНАЛІЗ ХАРАКТЕРУ ОПАЛЕННЯ ДОМОГОСПОДАРСТВ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

Софія Докшина[1], Віктор Розен[1], Роман Куліш[1]
[1]Кафедра АЕМК, КПІ ім. Ігоря Сікорського
ORCID 0000-0001-8136-8779
ORCID 0000-0002-0440-4251
ORCID 0000-0003-0647-1578

Електронна адреса: dokshina.sofiya@gmail.com, v_p_rozen406@ukr.net, venenationhesperus@gmail.com

Для цитування цієї статті:
Софія Докшина, Віктор Розен, Роман Куліш. Дискримінантний аналіз характеру опалення домогосподарств регіонів України. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 1, No. 3, 2022, pp. 190-207. doi:10.46299/j.isjea.20220103.16.
Надійшла до редакції: 19 липня 2022 р.; **Схвалено:** 29 липня 2022 р.; **Опубліковано:** 01 серпня 2022 р.

Анотація: У роботі запропонована концепція покращення Енергетичної стратегії України шляхом дослідження регіональних характеристик та визначення головних чинників, що впливають на розмежування регіонів на кластерні групи. Як приклад, проведено дослідження кластерного розмежування регіонів за характером опалення, оскільки споживання сектором домогосподарств тепла та електроенергії складає третину від загального кінцевого споживання, споживання газу – більше половини, а опалювальний період займає більшу частину року. За метод визначення головних чинників було вибрано дискримінантний аналіз. Попередньо, регіони були розподілені на кластери методом k-середніх. За чинники, що характеризують опалення домогосподарств, було взято наступні: «Наявність центрального опалення, %», «Індивідуальна система опалення, %», «Наявність газової колонки, %», «Наявність централізованого газопостачання, %», «Наявність балонного газу, %», «Tm – Середня t опал. періоду, ºC», «Споживання газу природного на житло, м^3», «Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал», «Використання електроенергії на житло, кВт*год». А також, додатково було дослідженно впливи чотирьох чинників за 2019 та 2020 роки: «Наявність котла електричного, %», «Наявність котла газового двохконтурного, %», «Наявність котла твердопаливного, %» та «Наявність бойлера електричного, %». Серед чинників, що незмінно впливають на розмежування регіонів за характером опалення впродовж періоду 2016-2020 р., було виявлено наступні: «Наявність газової

колонки, %», «Наявність балонного газу, %», «Tm – Середня t опал. періоду, ºС», та «Використання електроенергії на житло, кВт*год». Додатково, за 2019 та 2020 роки було виявлено ще два чинники впливу: «Наявність котла електричного, %» та «Наявність котла газового двохконтурного, %». Порівнюючи рівень наявності останніх з рівнем споживання електроенергії та газу всередині кластерів, зроблено попередній висновок про доцільність встановлення котлів електричних та котлів газових двохконтурних з метою підвищення енергоефективності опалення регіонів. Аналогічні дослідження можливо провести за іншими сферами енергоперетворення та енергоспоживання задля підвищення рівня енергоефективності України.

Ключові слова: Енергетична стратегія, енергоефективність, регіони України, опалення домогосподарств, кластерний поділ регіонів, дискримінантний аналіз.

Енергетичні стратегії України, починаючи з 2006 року, змінювались декілька разів [1,2,3]. Енергетична стратегія до 2030 року охоплює напрями розвитку електроенергетичної галузі, атомної енергетики та промисловості, вугільної та нафтогазової промисловостей. Також, оцінено потенціал розвитку альтернативних джерел енергії та видів палива. У Енергетичній стратегії до 2035 року чітко окреслені етапи її реалізації, що охоплюють реформування енергетичного сектору, розвиток інфраструктури та забезпечення сталого розвитку. Нажаль, у післявоєнний період доведеться передивлюватись існуючі та розробляти нові стратегії. Однак, енергоефективність країни може бути покращена завдяки дослідженню регіональних особливостей [4-6]. Авторами було вирішено дослідити регіональні характеристики опалення домогосподарств, оскільки тепло- та електроспоживання даного сектору складає третину загального кінцевого споживання, а газоспоживання – майже 60% [7]. До того ж, опалювальний період в Україні охоплює більшу частину року (жовтень – квітень). Метою даної роботи є покращення стратегій енергоефективості, шляхом визначення головних чинників, що впливають на опалення регіонів України. Задля досягнення поставленої мети, необхідно виконати дискримінантний аналіз.

1. Дискримінантний аналіз

1.1 Математична постановка задачі

Нехай існує n ($n \in N$) регіонів України, що розбиті на k ($k \in N$) кластерів. Кожен n-й регіон характеризується набором показників m характеру опалення побутового сектору регіонів (незалежні значення). Для кожного n-го регіону відомо, до якого з k кластерів він належить. Належність регіонів до різних кластерів виражається в тому, що для показників даного кластеру має місце розподіл F_j, $j=1,\dots,k$.

Задача полягає у тому, щоб для нового регіону визначити кластер, до якого він належить, відібравши головні показники серед набору m, що впливають на розмежування кластерних груп k.

Дискримінантний аналіз передбачає, що F_j є m-мірними нормальними розподілами $N(\mu_j, \Sigma_j)$, $j=1,...,k$ та мають щільності:

$$p_j(x) = (2\pi)^{-\frac{m}{2}}(det\Sigma_j)^{-1/2}exp\left\{-\frac{1}{2}(x-\mu_j)^T \sum_j^{-1}(x-\mu_j)\right\}, j = 1,..,k \quad (1)$$

де: μ_j – m-мірний вектор середніх значень, а Σ_j – невироджена коваріаційна матриця (mxm).

У такому випадку, виходячи з принципу максимальної правдоподібності, вважатимемо областю притягання закону $N(\mu_j, \Sigma_j)$ множину таких спостережень $x \in R^m$, де щільність розподілу $N(\mu_j, \Sigma_j)$ більше за інші (рис. 1).

У даному випадку (рис. 1), де графіки щільності перетинаються тільки в одній точці, виходить, що вся пряма розбивається на 2 області притягання.

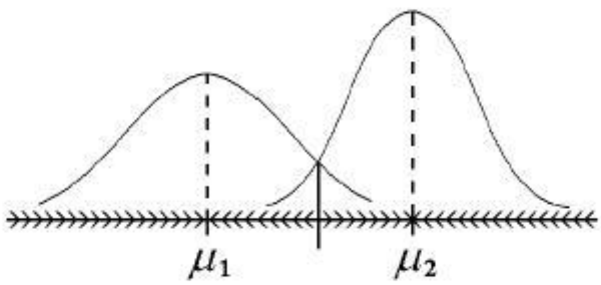


Рисунок 1. Області притягання для k=2, m=1 [8]

Це рівноцінно тому, що лінійно зв'язана з логарифмом щільності величина (2) має найменше значення серед $h_1, .., h_k$. Таким чином, $n+1$ регіон буде віднесено до i-групи, якщо $h_i(x)$ – має найменше значення.

$$h_j(x) = ln\, det\Sigma_j + (x-\mu_j)^T \sum_j^{-1}(x-\mu_j),\ j = 1,..,k \quad (2)$$

1.2 Оцінка якості дискримінації [8]

Розглянемо модель Фішера, котра є окремим випадком нормальної дискримінантної моделі при $\Sigma_1 = \Sigma_2 =..= \Sigma$.

При $k=2$ поверхня, котра задається умовою $h_1 = h_2$, розподіляє два класи рівнянням:

$$\alpha^T\left(x - \frac{\mu_1+\mu_2}{2}\right) = 0, \text{ де } \alpha = \Sigma^{-1}(\mu_1 - \mu_2).$$

Лінійну функцію $\varphi(x) = \alpha^T x$ часто називають дискримінантною функцією, як правило, що описує гіперплощину, за якою розділяються 2 групи. Надалі будемо під дискримінантною функцією розуміти лінійну частину функції $h_j(x)$.

Позначимо через $d^2 = (\mu_1 - \mu_2)^T\Sigma^{-1}(\mu_1 - \mu_2)$ відстань Махаланобіса між μ_1 та μ_2. Чим далі один від одного за відстанню Махаланобіса є μ_1 та μ_2, тим менше вірогідність помилкової класифікації.

В загальному випадку, $d^2(x,y) = (x-y)^T \Sigma^{-1}(x-y)$. Відстань Махаланобіса є мірою відстані між двома точками x та y в просторі, що визначаються двома та більше корельованими змінними. У випадку, коли змінні не корельовані ($\Sigma^{-1} = L$), відстань Махаланобіса співпадає з Евклідовою.

При k>2, за допомогою гіперплощин $h_i = h_j$, m-мірний простір розбивається на k частин. В кожній з котрих міститься тільки одна точка з μ_j – та, до котрої всі точки даної частини знаходяться ближче, ніж до інших у сенсі відстані Махаланобіса (рис. 2).

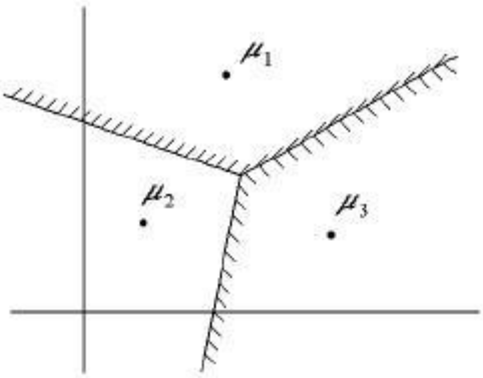


Рисунок 2. Області тяжіння для k=3, m=2 [8]

Для перевірки гіпотези H_0 про рівність середніх $\mu_1 = \mu_2 = .. = \mu_k$ у якості статистик критерія використовують статистики Уілкса (лямбда Уілкса):

$$L = \frac{detE}{detT} \tag{3}$$

де: $T = \sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})^T$ – загальна матриця розсіяння, матриця внутрішньокласового розкиду;

$E = \sum_{j=1}^{k} E_j$, де $E_j = \sum_{x_i \in S_j}(x_i - \bar{x_j})\,(x_i - \bar{x_j})^T$ – матриця розсіяння j-го класу. Очевидно, що її значення змінюється від 1.0 (нема дискримінації) до 0.0 (повна дискримінація).

Вірна матрична тотожність:

$$T = E + R,$$

де: $R = \sum_{j=1}^{k} n_j(\bar{x_j} - \bar{x})(\bar{x_j} - \bar{x})^T$ – матриця розкиду між елементами класу j; n_j – число елементів в j-му класі.

При виконанні гіпотези H_0 (4), має місце розподіл Фішера.

$$\frac{(n-k-1)}{m}\frac{(1-\sqrt{L})}{\sqrt{L}} \sim F_{2m,2(n-k-1)} \tag{4}$$

H_0 відхиляється (тобто, дискримінація значна), якщо:

$$F > F_\alpha(2m, 2(n-k-1)),$$

де: F_α– квантиль рівня $1-\alpha$.

2. Виконання аналізу

2.1 Побудова дискримінантної моделі

Набір показників *m* має наступні значення: «Наявність центрального опалення, %», «Індивідуальна система опалення, %», «Наявність газової колонки, %», «Наявність централізованого газопостачання, %», «Наявність балонного газу, %», «Tm – Середня t опал. періоду, °C», «Споживання газу природного на житло, м^3» (на опалення за опалювальний період), «Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал» (на опалення за опалювальний період), «Використання електроенергії на житло, кВт*год» (на опалення за опалювальний період); а також за 2019-2020 роки було додатково розглянуто наступні: «Наявність котла електричного, %», «Наявність котла газового двохконтурного, %», «Наявність котла твердопаливного, %», «Наявність бойлера електричного, %».

Середня температура опал. періоду розрахована як середнє значення температур місяців опалювального періоду [14] за період жовтень-квітень. Споживання газу, теплоенергії та електроенергії на житло попередньо розраховані авторами за даними [9-13]. Усі інші показники узяті з [15-19].

За даними показниками регіони було розподілено на k=3 кластери методом k-середніх. Вихідні дані для проведення дискримінантного аналізу мають наступний вигляд (Таблиця 1– Таблиця 6).

Таблиця 1.

Характеристики опалення побутового сектору у 2016 році

Регіони	Наявність центрального опалення, % [15]	Індивідуальна система опалення, % [15]	Наявність газової колонки, % [15]	Наявність централізованого газопостачання, % [15]	Наявність балонного газу, % [15]	Середня t опал. періоду, °C	Споживання газу природного на житло, м^3	Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал	Використання електроенергії на житло, кВт*год	Кластер
Вінницька	15,40	66,70	4,90	72,20	18,20	2,51	419,45	9,04	21,97	0
Волинська	32,00	41,90	7,20	67,70	13,50	3,09	490,62	3,42	17,79	0
Дніпропетровська	48,90	45,50	20,80	88,50	3,30	2,56	610,15	8,17	132,80	2
Донецька	38,90	29,20	31,40	57,30	5,60	3,34	650,66	6,99	85,71	2
Житомирська	12,10	57,60	17,50	76,70	13,60	2,83	398,63	9,32	18,34	1
Закарпатська	0,60	73,20	1,10	75,60	20,00	4,99	376,54	91,60	11,27	0
Запорізька	51,50	33,00	4,60	77,50	12,40	3,06	475,44	3,43	91,77	2
Івано-Франківська	9,50	51,80	16,70	84,40	8,20	3,36	624,56	10,12	33,22	1
Київська (без м. Київ)	34,00	61,60	21,10	94,10	3,80	2,69	582,72	6,04	36,66	1

Продовження таблиці 1.

Регіони	Наявність центрального опалення, % [15]	Індивідуальна система опалення, % [15]	Наявність газової колонки, % [15]	Наявність централізованого газопостачання, % [15]	Наявність балонного газу, % [15]	Середня t опал. періоду, °C	Споживання газу природного на житло, м³	Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал	Використання електроенергії на житло, кВт*год	Кластер
Кіровоградська	14,70	57,00	6,60	48,40	40,80	2,27	490,53	7,96	40,36	0
Луганська	18,10	73,00	14,80	87,70	1,80	2,39	399,64	14,98	59,36	1
Львівська	31,60	41,50	35,30	89,60	5,10	2,96	541,87	3,32	23,12	1
Миколаївська	36,20	44,30	22,30	74,00	19,90	3,94	644,22	8,89	53,72	2
Одеська	41,90	37,50	15,10	62,40	25,60	4,86	634,39	2,41	25,87	0
Полтавська	44,70	44,20	26,40	94,40	3,80	1,91	896,92	4,62	51,77	1
Рівненська	27,20	43,00	43,80	70,10	15,90	2,43	648,08	10,25	53,13	1
Сумська	36,10	50,60	8,00	80,30	15,60	0,80	602,40	3,41	22,29	1
Тернопільська	9,70	77,80	20,80	88,30	10,20	2,69	458,95	10,08	11,18	1
Харківська	53,70	41,70	11,90	86,10	5,20	1,64	591,85	2,34	27,76	1
Херсонська	22,30	51,60	9,80	60,40	32,30	4,36	378,78	2,89	19,68	0
Хмельницька	21,30	55,30	11,60	79,40	13,40	2,56	418,42	5,43	29,07	1
Черкаська	27,50	58,30	3,40	69,20	16,10	2,40	1266,21	8,23	30,61	1
Чернівецька	21,70	40,70	5,50	80,50	10,10	3,94	319,14	2,14	52,03	2
Чернігівська	24,70	51,50	18,60	79,60	15,10	1,81	430,66	3,59	15,79	1
м. Київ	100,00	0,00	2,40	83,40	0,00	2,67	702,62	1,23	34,58	2

Таблиця 2.

Характеристики опалення побутового сектору у 2017 році

Регіони	Наявність центрального опалення, % [16]	Індивідуальна система опалення, % [16]	Наявність газової колонки, % [16]	Наявність централізованого газопостачання, % [16]	Наявність балонного газу, % [16]	Середня t опал. періоду, °C	Споживання газу природного на житло, м³	Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал	Використання електроенергії на житло, кВт*год	Кластер
Вінницька	18,10	61,10	7,30	75,20	20,50	2,67	375,44	8,03	47,32	1
Волинська	30,70	40,70	9,80	71,00	14,60	3,03	435,04	3,69	35,64	1
Дніпропетровська	50,30	43,90	13,90	91,10	3,80	3,06	536,78	7,35	265,53	2
Луганська	20,10	70,70	20,10	90,70	0,90	2,54	407,42	8,98	90,96	1
Донецька	37,10	31,80	27,90	59,30	5,70	3,99	636,39	6,62	156,97	2
Житомирська	10,80	53,40	13,00	76,20	17,30	3,10	364,99	10,81	38,85	1
Закарпатська	0,00	66,10	1,30	65,80	27,30	4,24	411,79	0,00	22,58	0
Запорізька	49,80	35,80	5,80	79,50	10,30	3,59	416,88	5,44	194,38	2
Івано-Франківська	7,50	51,20	10,90	78,70	13,00	3,43	671,43	21,91	86,59	1

Продовження таблиці 2.

Регіони	Наявність центрального опалення, % [16]	Індивідуальна система опалення, % [16]	Наявність газової колонки, % [16]	Наявність централізованого газопостачання, % [16]	Наявність балонного газу, % [16]	Середня t опал. періоду, °C	Споживання газу природного на житло, м^3	Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал	Використання електроенергії на житло, кВт*год	Кластер
Київська (без м. Київ)	33,10	61,60	17,40	93,10	4,60	3,00	538,94	5,33	70,15	1
Кіровоградська	13,90	50,90	2,80	46,70	43,20	2,87	434,71	7,84	83,59	0
Львівська	30,40	38,40	31,50	90,30	4,30	2,77	518,56	3,31	51,08	1
Миколаївська	35,40	44,50	16,90	72,40	21,30	4,59	634,04	9,76	110,26	0
Одеська	44,40	39,60	10,40	66,10	19,00	5,23	623,26	1,36	48,40	0
Полтавська	48,30	40,00	25,30	94,70	3,50	2,77	847,26	4,17	107,65	2
Рівненська	23,40	41,40	37,70	63,90	17,80	2,46	499,19	8,80	108,98	1
Сумська	35,40	52,70	12,00	81,00	14,00	1,79	503,79	3,22	44,84	1
Тернопільська	8,40	78,20	25,50	82,20	12,00	2,60	478,42	13,64	22,47	1
Харківська	45,00	48,80	11,60	83,90	6,00	2,46	560,98	2,52	57,60	1
Херсонська	22,90	49,00	11,80	62,70	29,40	4,77	319,22	2,67	42,01	0
Хмельницька	20,90	51,20	12,20	74,30	16,60	2,50	421,56	6,13	60,56	1
Черкаська	29,40	56,00	7,50	75,90	15,80	2,94	1000,01	5,87	57,79	1
Чернівецька	25,50	40,60	6,80	83,10	10,70	3,87	293,70	1,77	104,13	1
Чернігівська	27,00	48,40	14,10	79,60	15,00	2,36	382,94	3,04	31,85	1
м. Київ	100,00	0,00	5,80	77,10	0,00	3,17	682,83	1,17	72,37	2

Таблиця 3.

Характеристики опалення побутового сектору у 2018 році

Регіони	Наявність центрального опалення, % [17]	Індивідуальна система опалення, % [17]	Наявність газової колонки, % [17]	Наявність централізованого газопостачання, % [17]	Наявність балонного газу, % [17]	Середня t опал. періоду, °C	Споживання газу природного на житло, м^3	Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал	Використання електроенергії на житло, кВт*год	Кластер
Вінницька	17,10	63,70	8,60	74,10	20,70	1,76	353,62	8,22	39,70	1
Волинська	31,20	43,60	8,50	68,60	17,20	2,96	403,36	3,41	32,73	0
Дніпропетровська	45,00	48,80	17,80	90,20	4,10	2,33	540,58	8,01	229,42	2
Донецька	44,60	28,90	25,80	59,20	7,40	3,51	707,42	6,01	121,51	2
Житомирська	14,10	54,00	9,60	73,90	19,50	2,16	361,96	8,39	34,98	1
Закарпатська	0,00	70,90	0,40	71,70	19,40	5,74	322,88	0,00	19,76	0
Запорізька	52,30	32,60	6,20	77,80	15,70	3,17	414,80	5,62	167,70	2
Івано-Франківська	8,30	46,10	10,00	74,50	14,60	2,84	596,97	24,35	86,72	1

Продовження таблиці 3.

Регіони	Наявність центрального опалення, % [17]	Індивідуальна система опалення, % [17]	Наявність газової колонки, % [17]	Наявність централізованого газопостачання, % [17]	Наявність балонного газу, % [17]	Середня t опал. періоду, °C	Споживання газу природного на житло, м^3	Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал	Використання електроенергії на житло, кВт*год	Кластер
Київська (без м. Київ)	33,80	62,80	18,90	95,50	2,00	1,73	573,40	5,75	64,87	1
Кіровоградська	12,00	57,10	3,00	48,90	42,60	1,91	408,51	9,51	81,83	0
Львівська	29,10	46,40	37,40	90,00	3,90	3,09	447,69	3,55	45,04	1
Миколаївська	34,20	49,00	23,30	74,30	19,50	4,03	621,89	10,55	92,87	1
Одеська	40,30	40,50	17,00	67,10	21,00	5,00	569,26	1,61	40,56	0
Полтавська	45,30	44,30	25,60	95,80	2,40	1,41	797,24	4,61	91,45	2
Рівненська	25,80	38,50	28,60	64,70	20,60	2,07	436,31	7,79	87,88	1
Сумська	35,40	55,70	12,10	85,50	10,10	0,01	459,70	3,46	38,40	1
Тернопільська	12,40	78,50	29,20	81,60	9,90	2,10	456,83	8,63	19,77	1
Харківська	53,80	41,10	7,70	83,20	5,90	0,90	573,84	2,19	49,55	2
Херсонська	21,40	46,70	7,80	58,30	33,40	4,49	332,81	2,75	39,80	0
Хмельницька	25,00	51,20	14,10	81,70	11,20	2,10	362,49	4,66	50,41	1
Черкаська	28,40	57,90	3,90	73,60	16,00	1,73	1099,51	7,41	52,40	2
Чернівецька	22,10	36,30	10,80	84,10	7,80	3,16	274,99	2,20	87,95	1
Чернігівська	24,50	53,60	17,50	77,40	16,90	0,86	382,79	3,44	27,56	1
м. Київ	100,00	0,00	3,40	76,60	0,00	1,97	765,92	1,16	75,03	2

Таблиця 4.

Характеристики опалення побутового сектору у 2019 році

Регіони	Наявність центрального опалення, % [18]	Індивідуальна система опалення, % [18]	Наявність газової колонки, % [18]	Наявність централізованого газопостачання, % [18]	Наявність балонного газу, % [18]	Середня t опал. періоду, °C	Споживання газу природного на житло, м^3	Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал	Використання електроенергії на житло, кВт*год	Кластер
Вінницька	16,70	50,10	9,40	69,40	23,30	6,68	290,68	8,54	14,41	0
Волинська	26,30	45,00	9,10	62,60	15,60	7,45	338,16	3,67	11,93	0
Дніпропетровська	39,40	52,90	14,10	91,00	4,40	7,20	517,85	9,17	78,79	2
Донецька	46,20	35,50	18,30	72,80	3,30	7,60	491,60	5,42	47,06	2
Житомирська	21,10	43,90	10,00	70,10	19,80	7,18	289,38	5,19	12,42	0
Закарпатська	0,00	67,60	28,10	79,00	17,00	9,50	232,56	0,00	5,65	0
Запорізька	40,90	38,30	9,50	73,20	17,00	7,65	364,87	7,48	58,25	2
Івано-Франківська	7,70	62,80	9,90	85,80	5,60	6,80	466,82	26,50	28,93	2
Київська (без м. Київ)	30,10	66,20	6,30	93,00	1,80	7,00	475,21	5,61	22,47	1
Кіровоградська	13,30	60,80	9,50	52,90	38,40	6,80	307,34	8,81	26,69	0
Луганська	19,60	68,30	8,50	88,30	2,20	6,48	381,00	7,32	17,40	1
Львівська	33,60	38,80	21,30	87,50	3,70	7,25	338,47	2,87	14,63	1
Миколаївська	33,20	52,70	18,60	76,20	14,40	8,38	532,72	11,75	31,93	2
Одеська	39,30	39,80	7,60	72,00	21,30	9,35	457,48	1,87	13,54	0
Полтавська	35,20	46,90	13,20	92,20	4,70	6,83	573,27	5,58	32,40	2
Рівненська	25,20	48,60	12,50	67,50	11,60	6,98	343,98	13,24	34,69	2
Сумська	34,50	59,50	14,30	85,70	7,60	5,80	361,49	3,32	13,67	1
Тернопільська	17,80	69,60	15,50	88,10	6,00	6,45	280,54	5,43	5,68	1
Харківська	52,90	40,70	12,40	85,30	5,50	6,58	475,70	2,23	17,13	1
Херсонська	22,30	45,90	5,80	58,10	37,70	8,38	263,20	2,62	12,53	0
Хмельницька	29,10	44,20	10,20	76,30	13,40	6,65	296,86	3,97	14,82	1
Черкаська	28,60	54,20	4,10	74,90	14,00	6,78	907,28	7,76	17,57	2
Чернівецька	18,30	32,40	16,40	69,30	22,10	7,35	258,69	2,53	26,08	0
Чернігівська	27,20	47,50	10,90	77,30	17,40	6,28	285,74	2,90	9,30	1
м. Київ	99,40	0,30	2,30	79,80	0,30	7,25	498,63	1,16	25,26	2

Таблиця 5.

Характеристики опалення побутового сектору у 2020 році

Регіони	**Наявність центрального** опалення, % [19]	**Індивідуальна система** опалення, % [19]	**Наявність газової** колонки, % [19]	**Наявність централізованого** газопостачання, % [19]	**Наявність балонного** газу, % [19]	**Середня t опал. періоду, °С**	**Споживання газу природного на житло, м^3**	**Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал**	**Використання електроенергії на житло, кВт*год**	**Кластер**
Вінницька	16,30	54,70	9,20	75,80	20,10	4,57	235,81	7,40	35,43	0
Волинська	22,60	44,40	7,90	62,50	17,40	4,94	292,22	4,27	26,95	0
Дніпропетровська	41,10	53,10	12,50	93,60	2,60	4,53	431,44	7,77	210,82	2
Донецька	43,40	38,50	18,30	72,60	7,30	5,16	481,52	5,03	126,82	2
Житомирська	20,90	51,50	16,00	78,30	14,00	4,96	222,80	4,63	33,23	0
Закарпатська	0,00	72,90	22,20	83,60	11,90	5,90	213,36	0,00	16,99	0
Запорізька	39,50	44,20	6,50	73,80	15,70	5,07	311,32	6,87	137,85	2
Івано-Франківська	9,10	58,00	11,20	85,90	4,80	4,54	304,85	18,35	73,86	1
Київська (без м. Київ)	32,90	62,60	5,80	93,30	2,20	4,76	453,33	4,80	58,29	1
Кіровоградська	14,60	60,50	7,50	48,90	41,60	4,71	271,73	7,82	71,36	0
Луганська	13,40	73,10	13,50	92,40	1,00	3,89	619,15	11,61	43,78	1
Львівська	31,00	48,50	14,60	88,20	2,10	4,59	274,94	2,86	36,74	1
Миколаївська	33,00	51,90	16,60	72,60	18,70	6,30	498,97	10,95	99,22	2
Одеська	33,80	44,00	8,10	72,20	19,60	7,47	489,96	2,24	33,91	0
Полтавська	39,30	47,80	9,70	93,90	4,90	4,26	449,47	4,00	84,41	1
Рівненська	27,00	44,40	8,00	63,80	10,20	4,40	344,21	11,69	93,73	2
Сумська	28,20	62,70	13,70	90,90	7,30	3,43	281,49	3,45	34,58	1
Тернопільська	15,70	67,30	5,80	90,40	2,50	4,39	238,20	4,22	14,36	1
Харківська	52,10	44,00	9,30	86,80	3,80	3,90	481,77	1,81	41,73	1
Херсонська	23,40	45,80	5,00	57,70	38,50	6,16	210,98	2,99	32,97	0
Хмельницька	25,40	52,80	5,40	80,40	11,30	4,46	260,95	3,69	47,10	1
Черкаська	30,10	60,80	5,80	83,40	12,40	4,91	642,09	6,51	45,62	1
Чернівецька	14,90	48,80	19,20	78,60	16,10	5,26	199,96	2,35	78,59	0
Чернігівська	24,90	52,80	10,30	76,10	16,80	4,26	306,68	2,73	23,57	0
м. Київ	100,00	0,00	3,20	79,90	0,00	5,07	669,09	1,04	64,80	2

Таблиця 6.

Додаткові характеристики опалення побутового сектору у 2019-2020 роках* [18,19]

Регіони	Наявність котла електричного, %		Наявність котла газового двохконтурного, %		Наявність котла твердопаливного, %		Наявність бойлера електричного, %	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Вінницька	1,1	1,2	17,4	21,5	7,3	8,9	29,7	31,5
Волинська	2,3	2,5	18	20,9	14,7	9,6	36,8	30,4
Дніпропетровська	4,3	3,3	21,4	30,6	4,9	1,9	42,7	49,9
Донецька	1,1	0,2	12,6	21,9	4,6	4,1	39,5	48,4
Житомирська	1,1	0,2	20,8	18,3	5,1	6,1	28	29,4
Закарпатська	0,8	2,6	44	48,6	23,4	27,2	27,2	32,1
Запорізька	1,7	1,7	21	25,3	10	10	37	39,8
Івано-Франківська	0,3	0,3	47	42	8,1	12	28	29
Київська (без м. Київ)	0,1	1	27,4	36,3	10,2	10,2	42,4	48,2
Кіровоградська	4,5	10	22,8	19,8	13,6	18,4	31,4	40,6
Луганська	3,8	0,4	21,6	34,3	13,8	15,4	44,2	41,5
Львівська	0,6	0,6	24,4	36,4	6,5	2,9	18,4	18,5
Миколаївська	2,8	2,8	22,1	13,8	6,1	8,3	38,4	40,3
Одеська	1,3	0,5	7	26	9,4	6,4	69,8	57,4
Полтавська	0,2	1,2	14	13,2	5,9	11	24,1	27,2
Рівненська	0,3	0,5	29,1	23,4	6	6,8	16,2	18,6
Сумська	2,2	0,2	13,9	13	9,7	15	33,4	42,1
Тернопільська	0,1	1,7	49,3	56,2	9,2	14	13,8	23,9
Харківська	–	0,2	9	15,7	9,4	8,6	18,8	27,9
Херсонська	0,8	1	21,8	22	9,6	13,5	49,2	55,5
Хмельницька	1	0	20,5	18,8	5,9	4,7	20,2	19,9
Черкаська	0,7	1,1	27,9	25,9	5,4	10,3	40,1	46,8
Чернівецька	1	4,5	23,1	29	9	9,6	42,3	42,9
Чернігівська	0,7	1,3	20,9	20	11,8	16,9	23,5	35,7
м. Київ	–	–	0,3	–	0,2	–	14,7	24 ,7

*тире(–) – явищ не було, при виконанні аналізу замінене на нуль (0).

Аналіз виконано у середовищі STATISTICA, метод дискримінантного аналізу – з включенням. Результати представлені на рис. 3 – рис. 7, а також додатковий аналіз з пристроями опалення за 2019, 2020 роки представлений на рис. 8 – рис. 9.

N=25	Итоги анализа дискриминантн. функций (Clusters2016_k-means) Шаг 6, Переменных в модели: 6; Группир.: Cluster (3 гр.) Лямбда Уилкса: ,06501 прибл. F (12,34)=8,2786 p< ,0000					
	Уилкса Лямбда	Частная Лямбда	F-исключ (2,17)	p-уров.	Толер.	1-толер. (R-кв.)
Використання електроенергії на житло, кВт*год	0,170357	0,381638	13,77239	0,000278	0,638646	0,361354
Наявність балонного газу, %	0,104505	0,622120	5,16295	0,017698	0,945985	0,054015
Tm	0,112198	0,579464	6,16873	0,009677	0,774009	0,225991
Індивідуальна система опалення, %	0,122370	0,531299	7,49852	0,004628	0,688594	0,311406
Наявність газової колонки, %	0,103167	0,630191	4,98798	0,019748	0,701937	0,298063
Споживання газу природного на житло, м3	0,074452	0,873244	1,23382	0,315976	0,828572	0,171428

Рисунок 3. Результати дискримінантного аналізу за 2016 рік

N=25	Итоги анализа дискриминантн. функций (Clusters2017_k-means) Шаг 6, Переменных в модели: 6; Группир.: Cluster (3 гр.) Лямбда Уилкса: ,03608 прибл. F (12,34)=12,083 p< ,0000					
	Уилкса Лямбда	Частная Лямбда	F-исключ (2,17)	p-уров.	Толер.	1-толер. (R-кв.)
Наявність балонного газу, %	0,121281	0,297476	20,07373	0,000033	0,352000	0,648000
Tm	0,118198	0,305236	19,34730	0,000042	0,544179	0,455821
Використання електроенергії на житло, кВт*год	0,064461	0,559690	6,68696	0,007204	0,923963	0,076037
Наявність центрального опалення, %	0,063472	0,568416	6,45385	0,008216	0,220548	0,779452
Індивідуальна система опалення, %	0,052663	0,685078	3,90735	0,040160	0,302422	0,697578
Наявність газової колонки, %	0,041414	0,871157	1,25714	0,309614	0,688666	0,311334

Рисунок 4. Результати дискримінантного аналізу за 2017 рік

N=25	Итоги анализа дискриминантн. функций (Clusters2018_k-means Шаг 7, Переменных в модели: 7; Группир.: Cluster (3 гр.) Лямбда Уилкса: ,05726 прибл. F (14,32)=7,2662 p< ,0000					
	Уилкса Лямбда	Частная Лямбда	F-исключ (2,16)	p-уров.	Толер.	**1-толер. (R-кв.)**
Наявність центрального опалення, %	0,058029	0,986776	0,107206	0,898980	0,715550	0,284450
Наявність балонного газу, %	0,082570	0,693493	3,535809	0,053498	0,753601	0,246399
Споживання газу природного на житло, м3	0,115148	0,497290	8,087191	0,003740	0,568509	0,431491
Використання електроенергії на житло, кВт*год	0,110758	0,516996	7,473993	0,005104	0,508312	0,491688
Tm	0,081324	0,704117	3,361742	0,060417	0,856546	0,143454
Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал	0,082565	0,693537	3,535071	0,053525	0,441729	0,558271
Наявність газової колонки, %	0,074614	0,767439	2,424277	0,120324	0,780576	0,219424

Рисунок 5. Результати дискримінантного аналізу за 2018 рік

N=25	Итоги анализа дискриминантн. функций (Clusters2019_k-means) Шаг 8, Переменных в модели: 8; Группир.: Cluster (3 гр.) Лямбда Уилкса: ,04177 прибл. F (16,30)=7,2987 p< ,0000					
	Уилкса Лямбда	Частная Лямбда	F-исключ (2,15)	p-уров.	Толер.	1-толер. (R-кв.)
Наявність балонного газу, %	0,049917	0,836888	1,461774	0,263030	0,744152	0,255848
Використання електроенергії на житло, кВт*год	0,059388	0,703426	3,162110	0,071472	0,866332	0,133667
Споживання газу природного на житло, м3	0,068798	0,607207	4,851628	0,023715	0,622198	0,377802
Tm	0,060398	0,691664	3,343413	0,062982	0,709008	0,290992
Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал	0,071809	0,581752	5,392100	0,017200	0,382252	0,617748
Індивідуальна система опалення, %	0,056536	0,738903	2,650187	0,103372	0,204424	0,795576
Наявність центрального опалення, %	0,050320	0,830180	1,534188	0,247623	0,139524	0,860476
Наявність газової колонки, %	0,047796	0,874021	1,081032	0,364261	0,397476	0,602524

Рисунок 6. Результати дискримінантного аналізу за 2019 рік

	Итоги анализа дискриминантн. функций (Clusters2020_k-means) Шаг 9, Переменных в модели: 9; Группир.: Cluster (3 гр.) Лямбда Уилкса: ,02866 прибл. F (18,28)=7,6331 p< ,0000					
N=25	Уилкса Лямбда	Частная Лямбда	F-исключ (2,14)	p-уров.	Толер.	**1-толер. (R-кв.)**
Використання електроенергії на житло, кВт*год	0,054963	0,521434	6,424519	0,010481	0,631762	0,368238
Наявність балонного газу, %	0,055862	0,513042	6,644117	0,009356	0,151335	0,848665
Наявність централізованого газопостачання, %	0,057992	0,494194	7,164490	0,007199	0,128967	0,871033
Tm	0,038189	0,750464	2,327564	0,134063	0,568589	0,431411
Наявність газової колонки, %	0,035013	0,818538	1,551830	0,246191	0,490542	0,509458
Наявність центрального опалення, %	0,053031	0,540424	5,952789	0,013463	0,038948	0,961052
Індивідуальна система опалення, %	0,046696	0,613747	4,405350	0,032804	0,067767	0,932233
Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал	0,040327	0,710674	2,849801	0,091558	0,292495	0,707505
Споживання газу природного на житло, м3	0,036500	0,785192	1,915018	0,184005	0,266034	0,733966

Рисунок 7. Результати дискримінантного аналізу за 2020 рік

	Итоги анализа дискриминантн. функций (Clusters2019_k-means_adv) Шаг 8, Переменных в модели: 8; Группир.: Cluster (3 гр.) Лямбда Уилкса: ,04733 прибл. F (16,30)=6,7434 p< ,0000					
N=25	**Уилкса Лямбда**	Частная Лямбда	F-исключ (2,15)	p-уров.	Толер.	1-толер. (R-кв.)
Наявність балонного газу, %	0,062044	0,762876	2,331218	0,131342	0,803219	0,196781
Використання електроенергії на житло, кВт*год	0,062151	0,761554	2,348284	0,129645	0,757642	0,242358
Tm	0,072966	0,648679	4,061962	0,038924	0,871526	0,128474
Споживання газу природного на житло, м3	0,078048	0,606440	4,867258	0,023491	0,696047	0,303953
Наявність центрального опалення, %	0,065842	0,718862	2,933162	0,084109	0,162689	0,837311
Наявність котла газового двохконтурного, %	0,067101	0,705376	3,132635	0,072971	0,212883	0,787117
Наявність котла електричного, %	0,063241	0,748430	2,520978	0,113798	0,366563	0,633437
Індивідуальна система опалення, %	0,059241	0,798962	1,887175	0,185758	0,176972	0,823028

Рисунок 8. Результати додаткового дискримінантного аналізу за 2019 рік

	Итоги анализа дискриминантн. функций (Clusters2020_k-means_adv) Шаг 8, Переменных в модели: 8; Группир.: Cluster (3 гр.) Лямбда Уилкса: ,04332 прибл. F (16,30)=7,1339 p< ,0000					
N=25	**Уилкса Лямбда**	Частная Лямбда	F-исключ (2,15)	p-уров.	Толер.	1-толер. (R-кв.)
Наявність котла газового двохконтурного, %	0,074131	0,584327	5,335283	0,017779	0,478251	0,521749
Наявність балонного газу, %	0,063360	0,683668	3,470232	0,057722	0,432641	0,567359
Наявність котла твердопаливного, %	0,085631	0,505857	7,326313	0,006029	0,282100	0,717900
Tm	0,073167	0,592029	5,168303	0,019614	0,546492	0,453508
Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал	0,074892	0,578393	5,466970	0,016469	0,444042	0,555958
Наявність котла електричного, %	0,055877	0,775215	2,174730	0,148139	0,453609	0,546391
Індивідуальна система опалення, %	0,055139	0,785596	2,046888	0,163680	0,324459	0,675541
Використання електроенергії на житло, кВт*год	0,050528	0,857290	1,248495	0,315108	0,460880	0,539120

Рисунок 9. Результати додаткового дискримінантного аналізу за 2020 рік

2.2 Оцінка результатів дискримінантного аналізу

Проаналізуємо, які показники опалення домогосподарств за результатами аналізу незмінно фігурували впродовж 5 років (Таблиця 8).

Таблиця 8.

Результати дискримінантного аналізу характеру опалення домогосподарств впродовж п’яти років

Показник характеру опалення побутового сектору		**Результати дискримінантного аналізу [чи впливає показник на результат розмежування регіонів?]**				
		2016	**2017**	**2018**	**2019****	**2020****
1	Наявність центрального опалення, %	Ні	Так	Так	Так/Так	Так
2	Індивідуальна система опалення, %	Так	Так	Ні	Так/Так	Так/Так
3	Наявність газової колонки, %	Так	Так	Так	Так	Так
4	Наявність централізованого газопостачання, %	Ні	Ні	Ні	Ні	Так
5	Наявність балонного газу, %	Так	Так	Так	Так/Так	Так/Так
6	Tm – Середня t опал. періоду, °C	Так	Так	Так	Так/Так	Так/Так
7	Споживання газу природного на житло, м^3	Так	Ні	Так	Так/ Так	Так
8	Використання теплоенергії на житло, тис. Гкал	Ні	Ні	Так	Так	Так/Так
9	Використання електроенергії на житло, кВт*год	Так	Так	Так	Так/Так	Так/Так
10	Наявність котла електричного, %	–	–	–	Так	Так
11	Наявність котла газового двохконтурного, %	–	–	–	Так	Так
12	Наявність котла твердопаливного, %	–	–	–	Ні	Так
13	Наявність бойлера електричного, %	–	–	–	Ні	Ні

**після «/..» – результати аналізу з додатковими характеристиками (рис. 8, рис. 9)

В результаті проведення дискримінантного аналізу характеру опалення домогосподарств регіонів України, виявлено, що головними чинниками, що розмежовують *n*-і регіони на кластери *k*, є: «Наявність газової колонки, %», «Наявність балонного газу, %», «Tm – Середня t опал. періоду, °C», «Використання електроенергії на житло, кВт*год». А також, за результатами 2019 та 2020 років: «Наявність котла електричного, %» та «Наявність котла газового двохконтурного, %». Охарактеризуємо кластери регіонів за середніми значеннями показників *m*, що переважають впродовж 5 років, та характером газо- та електроспоживання (Таблиця 9). Середні значення, що порівнюються, оцінені як: низький рівень – «Н», середній рівень – «С», високий рівень – «В».

Таблиця 9.

Кластерні характеристики опалення регіонів України

Кластер	Чинники впливу		Характер споживання на опалення одиниці житла
0	Tm – В (Найтепліші регіони: Закарпатська, Кіровоградська, Одеська та Херсонська області)	Наявність газової колонки, % –Н	Споживання газу природного на житло (на опалення одиниці житла), м^3 – Н (енергоефективне опалення)
		Наявність балонного газу, % – В	
		Наявність котла газового двохконтурного, % –С	
		Наявність котла електричного, % – С(2019)/В(2020)	***Використання електроенергії на житло (на опалення одиниці житла), кВт*год – Н (енергоефективне опалення)
1	Tm – Н (Найхолодніші регіони: Київська (без м. Київ), Луганська, Львівська, Сумська, Тернопільська, Хмельницька)	Наявність газової колонки, % – В	Споживання газу природного на житло, м^3 – С (середня енергоефективність)
		Наявність балонного газу, % – С	
		Наявність котла газового двохконтурного, % – В	
		Наявність котла електричного, % – Н(2019)/С(2020)	***Використання електроенергії на житло, кВт*год – С (середня енергоефективність)
2	Tm – С (Регіони із середньою температурою: Дніпропетровська, Донецька, Запорізька області та місто Київ)	Наявність газової колонки, % – С	Споживання газу природного на житло, м^3 – В (низька енергоефективність)
		Наявність балонного газу, % – Н	
		Наявність котла газового двохконтурного, % – Н	
		Наявність котла електричного, % – Н(2019)/В(2020)	***Використання електроенергії на житло, кВт*год – В (низька енергоефективність)

***Показник електроспоживання є також чинником впливу за результатом дискримінантного аналізу, але віднесений до споживання задля оцінки кластерів

Кластер 0. Нульовий кластер характеризується найтеплішими регіонами з найбільшою серед інших наявністю балонного газу, але відсоток газових колонок на низькому рівні, а наявність котла газового двохконтурного на середньому. При цьому, в цих регіонах найенергоефективніше споживання газу та електроенергії. Відсоток розповсюдження котлів електричних різниться: середній у 2019, та високий у 2020. Характерні представники: Закарпатська, Кіровоградська, Одеська та Херсонська області.

Кластер 1. Охоплює найхолодніші регіони, при цьому найбільший відсоток розповсюдження газових колонок та переважно середній відсоток наявності балонного газу (окрім 2020 – найменший, але близький із кластером 2). Високий рівень наявності котла газового двохконтурного, а споживання газу на опалення житла на середньому рівні. Середнє споживання електроенергії, низький у 2019 та середній у 2020 рівень розповсюдження котла електричного. Характерні представники: Київська (без м. Київ), Луганська, Львівська, Сумська, Тернопільська та Хмельницька області.

Кластер 2. Середні за показником температури регіони. Середній рівень розповсюдження газових колонок, найменший відсоток балонного газу та котла газового двохконтурного. При цьому, високий рівень газоспоживання.

Наявність котла електричного на низькому рівні у 2019 та на високому рівні у 2020, при цьому, споживання електроенергії на високому рівні. Регіони з низькою енергоефективністю споживання газу та електроенергії. Характерні представники: Дніпропетровська, Донецька, Запорізька області та місто Київ.

3. Висновки та рекомендації

3.1 Висновки

У роботі досліджено головні чинники, що впливають на кластерний поділ характеру опалення регіонів України впродовж 5 років. За результатами дискримінантного аналізу це: «Наявність газової колонки, %», «Наявність балонного газу, %», «Tm – Середня t опал. періоду, °C», «Використання електроенергії на житло, кВт*год»; за результатами 2019 та 2020 років: «Наявність котла електричного, %» та «Наявність котла газового двохконтурного, %».

Якщо судити за загальними рейтингами енергоефективності, регіони кластеру 0 виявляються лідерами, але всередині регіонів цього кластеру свої особливості, наприклад, сприятливіші умови проживання та кращий потенціал встановлення сонячних панелей. Тому виконане дослідження дає підґрунтя розробки стратегії енергоефективності окремо для кожного кластеру.

3.2 Рекомендації

За характеристиками кластерів 0 та 1, можна зробити попередій висновок про доцільність встановлення котлів газових двохконтурних та котлів електричних з метою підвищення енергоефективності опалення домогосподарств, однак, щоб стверджувати точно, варто виконати аналіз за більшу кількість років.

Для покращення результатів аналізу можливо скоригувати споживання регіонів за кількістю днів опалювального періоду, додатково врахувати інші пристрої опалення (наприклад, конвектори), застосувати різні методики кластерного аналізу. Наступним кроком досліджень може бути регіональна оцінка енергетичних ресурсів та інфраструктури.

Список літератури:

1) Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2030 року» № 145-р (2006, 15 березня). Отримано з URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/145-2006-p#Text

2) Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2030 року» № 1071 (2013, 24 липня) Отримано з URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1071-2013-p#n4

3) Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”» № 605-р (2017, 18 серпня). Отримано з URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p#Text

4) Биркович, Т. І. (2012). Особливості формування енергетичних кластерів: зарубіжний та вітчизняний досвід. *Економіка та держава*, *№10*, 96-98. Отримано з URL: http://www.economy.in.ua/pdf/10_2012/28.pdf.

5) Калинина, В. В. (2016). Кластерный анализ состояния промышленности регионов РФ. *Региональная экономика, №3*, 259-269. doi: 10.1707/2072-1663-2016-3-259-269

6) Бараннік, В. О. (2017) Енергоефективність регіонів України: проблеми оцінки та наявний стан. *Регіональний філіал у м. Дніпро, Інститут стратегічних досліджень*. Отримано з URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2017-08/energoefekt-5cecc.pdf

7) Organisation for Economic Co-operation and Development (2019). *Огляд енергетичного сектору України: інституції управління та політичні засади*. Отримано з URL: https://www.oecd.org/eurasia/competitiveness-programme/eastern-partners/Monitoring-the-energy-strategy-Ukraine-2035-UKR.pdf

8) StatSoft. *Дискриминантный анализ*. Отримано з URL: http://statsoft.ru/products/STATISTICA_Advanced/the-discriminant-analysis.php

9) Державна служба статистики України (2018). *Паливно-енергетичні ресурси України: Статистичний збірник*. Отримано з URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2018/zb/12/zb_peru2017pdf.pdf

10) Державна служба статистики України (2019). *Паливно-енергетичні ресурси України: Статистичний збірник*. Отримано з URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2019/zb/12/zb_per2018.pdf

11) Державна служба статистики України (2020). *Паливно-енергетичні ресурси України: Статистичний збірник*. Отримано з URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/12/Zb_per.pdf

12) Державна служба статистики України (2021). *Паливно-енергетичні ресурси України: Статистичний збірник*. Отримано з URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/12/Zb_per.pdf

13) Державна служба статистики України. *Структура кінцевого споживання енергії домогосподарствами за цілями призначення*. Отримано з URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/energ/st_kn_sposh_energ_dom/arch_st_kn_sposh_energ_dom_u.htm

14) Погода и климат. *Климатический монитор*. Отримано з URL: http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php

15) Державна служба статистики України (2016). *Соціально-демографічні характеристики домогосподарств України у 2016 році: Статистичний збірник.* Отримано з URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/17/Arch_cdhd_zb.htm

16) Державна служба статистики України (2017). *Соціально-демографічні характеристики домогосподарств України у 2017 році: Статистичний збірник.* Отримано з URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/17/Arch_cdhd_zb.htm
17) Державна служба статистики України (2018). *Соціально-демографічні характеристики домогосподарств України у 2018 році: Статистичний збірник.* Отримано з URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/17/Arch_cdhd_zb.htm
18) Державна служба статистики України (2019). *Соціально-демографічні характеристики домогосподарств України у 2019 році: Статистичний збірник.* Отримано з URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/17/Arch_cdhd_zb.htm
19) Державна служба статистики України (2020). *Соціально-демографічні характеристики домогосподарств України у 2020 році: Статистичний збірник.* Отримано з URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/17/Arch_cdhd_zb.htm